



Patent, dodatkowy
do patentu nr _____

Zgłoszono: 81 08 04 (P. 232497)

Pierwszeństwo: _____

Zgłoszenie ogłoszono: 83 02 14

Opis patentowy opublikowano: 1987 01 31

Int. Cl.⁸

B01D 53/36

CZYTELNICIA

Urzędu Patentowego
P. O. Box 1000, 01-001 Warszawa

Twórcy wynalazku: Bogusław Nowicki, Sabina Zawadzka, Daniel Maksymiec, Anna Masiarz, Jacek Hetper, Zofia Wietrzyńska-Lalak, Wiktor Waleszczyk

Uprawniony z patentu: Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej „Blachownia”, Kędzierzyn-Koźle (Polska)

Sposób katalitycznego oczyszczania gazów

1

Przedmiotem wynalazku jest sposób oczyszczania gazów spalinowych i odlotowych na drodze katalitycznego dopalania zawartych w gazie toksycznych organicznych zanieczyszczeń.

W trakcie spalania paliwa w silniku spalinowym proces spalania nie dobiega do końca i w konsekwencji w gazach spalinowych, emitowanych do atmosfery, znajdują się znaczne ilości składników toksycznych, takich jak tlenek węgla, niespalane do końca węglowodory i tlenki azotu. Substancje te są szkodliwe dla zdrowia i w związku z lawinowym rozwojem motoryzacji stanowią poważne zagrożenie dla środowiska naturalnego.

Czynione są liczne próby usuwania szkodliwych substancji z gazów spalinowych i z gazów odlotowych na drodze dopalania tych substancji przez przepuszczanie tych gazów w atmosferze tlenowej w podwyższonej temperaturze przez złożo odpowiedniego katalizatora. W tych warunkach tlenek węgla i węglowodory ulegają spaleniu do dwutlenku węgla i wody. Stosowane są powszechnie katalizatory nośnikowe, zawierające jako aktywną masę katalityczną metale szlachetne, jak platyna czy pallad w postaci metalicznej lub tlenkowej. Znane są również katalizatory zawierające metale nieszlachetne, takie jak miedź, chrom, kobalt, nikiel, mangan i inne.

Stosuje się również kombinacje metali szlachetnych z metalami nieszlachetnymi oraz kombinacje samych metali nieszlachetnych lub ich tlenków.

2

Wiadomo powszechnie, że najbardziej aktywnymi katalizatorami procesów dopalania gazów spalinowych są katalizatory zawierające metale szlachetne w rodzaju platyny czy też palladu. Jednakże czynnikiem hamującym ich pełne upowszechnienie w procesach oczyszczania gazów spalinowych i przemysłowych gazów odlotowych jest wysoka cena tych metali. Stąd liczne próby i usiłowania zmierzające do zastąpienia metali szlachetnych metalami tańszymi, nieszlachetnymi. Z opisu patentowego PRL nr 79501 znany jest katalizator procesów oczyszczania gazów spalinowych, zawierający platynę i nikiel i/lub kobalt, osadzone na nośniku, przy czym zawartość platyny w gotowym katalizatorze wynosi 0,05—0,3% wag. a zawartość niklu i/lub kobaltu wynosi 1—5% wagowych.

Natomiast z polskiego opisu patentowego nr 80425 znane są katalizatory procesów dopalania gazów, zawierające jako zasadniczą substancję aktywną pallad, z dodatkami takich metali jak Pt, Rd, Rn, Cu, Co, Ni i Fe lub stanowiące kombinacje metali nieszlachetnych, zazwyczaj w postaci tlenkowej. W charakterze nośników zastosowano tlenek glinu, syderyt, krzemian glinu, glinę i siła molekularne. Udział substancji aktywnej w katalizatorze nośnikowym waha się od dziesiętnych części procentów wagowych do 15% wagowych. Spreparowano i przebadano następujące katalizatory: Pt na γ — Al_2O_3 ; CuO : MnO_2 przy sumarycznym udziale masy aktywnej równej 15% wag.; CuO : Cr_2O_3 ; CuO na sy-

derycie, Pd na krzemianie glinu; Pt — Pd na krzemianie glinu; $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{CuO}$ przy stosunku Fe do Cu jak 4:1.

Celem wynalazku było znalezienie sposobu oczyszczania gazów spalinowych i gazów odlotowych przez zastosowanie bardziej aktywnego i zarazem tańszego katalizatora. Istota wynalazku polega na zastosowaniu w procesie dopalania gazów spalinowych i gazów odlotowych katalizatora nośnikowego, zawierającego platynę w ilości 0,01—0,1% wag. oraz dodatek metalu nieszlachetnego, takiego jak miedź i/lub żelazo, przy czym stosunek platyny do miedzi lub żelaza wynosi 5—1:1.

Okazało się bowiem, że dodatek żelaza lub miedzi podnosi aktywność katalizatora, zawierającego jako główny składnik platynę, przejawiającą się w obniżeniu temperatury procesu skutecznego dopalania zanieczyszczeń organicznych i tlenku węgla.

Równocześnie obniżeniu ulega koszt katalizatora i to zarówno przez zastąpienie wprost części platyny w katalizatorze metalem nieszlachetnym a więc tańszym i łatwiej dostępnym jak i przez zwiększenie wykorzystania platyny w procesie preparacji katalizatora na drodze nasycania nośnika roztworem kwasu chloroplatynowego przy obecności w tym roztworze soli miedzi lub żelaza. Bowiem z badań analitycznych wynika niejednoznacznie, że ilość platyny, zaadsorbowana na nośniku, jest większa dla tych samych stężeń w roztworze platyny, w przypadku, kiedy roztwór impregnacyjny obok platyny zawiera również dodatek soli miedzi lub żelaza.

Sposobem według wynalazku oczyszczaniu poddaje się gazy zawierające toksyczne zanieczyszczenia organiczne w postaci benzenu, acetonu, metanolu i tlenku węgla. Próby przeprowadza się przy użyciu mieszanek gazowych zawierających około 0,2% objętościowych, wymienionych związków organicznych a resztę stanowią azot i tlen.

Mieszanke gazową zawierającą 0,2% objętościowych związku organicznego lub 0,5% obj. tlenku węgla przepuszczano przez złożo katalizatora, umieszczonego w szklanym reaktorze surowym o wymiarach $\varnothing$ 20 mm i wysokości 600 mm. W reaktorze znajdowało się 5 g katalizatora w postaci złoża o wysokości około 25 mm. Reaktor ogrzewano elektrycznie, a do pomiaru temperatury gazu przed złożem katalizatora oraz w środku złoża służyły zamontowane tam dwie termopary Fe—Ko (żelazo—konstantan). Katalizator sporządzono przez nasycenie 20 g aktywnego tlenku glinu γ — Al_2O_3 w roztworze wodnym kwasu chloroplatynowego, zawierającym około 0,02 g Pt i azotanu żelazowego oraz azotanu miedziowego, zawierających 0,01 g Fe i/lub 0,01 g Cu. Nasycony nośnik suszono w temperaturze 150°C przez okres 2 godzin, po czym prażono w ciągu 1 godziny w temperaturze 450°C. W końcowym etapie obróbki wyprażony katalizator poddawano procesowi termicznej redukcji przez przepuszczanie przez katalizator gazów spalinowych w temperaturze 900°C. Spaliny te przygotowywano przez spalanie gazu koksowniczego przy niedomiarze powietrza sięgającym 30% obj.

Zawartość składników katalitycznie aktywnych (Pt, Fe, Cu) w katalizatorze oraz w roztworach

przed i po operacji nasycania oznaczano metodą absorpcji atomowej na spektrofotometrze Perkin-Elmer model 400. Badaną mieszaninę gazową przepuszczano przez złożo wyżej opisanego katalizatora w ilości 50 l/h.

Miarą aktywności katalizatora w procesie dopalania zanieczyszczeń organicznych i tlenku węgla w badanym gazie jest temperatura, w której następowało przereagowanie 90% zanieczyszczeń zawartych w gazie. Stwierdzono, że katalizator platynowy z dodatkiem żelaza i/lub miedzi wykazywał wyższą aktywność w procesie dopalania zanieczyszczeń, przejawiającą się w obniżeniu temperatury, w której następowało spalanie 90% obj. zanieczyszczeń.

Wykonane analizy składu gotowego katalizatora oraz roztworów poimpregnacyjnych wykazały, że udział soli żelaza i miedzi okazał się korzystny dla stopnia wykorzystania platyny w procesie adsorpcji jonów tego metalu na nośniku. Analizy zawartości Pt zarówno w gotowym katalizatorze jak i w roztworze poimpregnacyjnym wykazały, że zawartość platyny w gotowym katalizatorze otrzymanym przez nasycenie nośnika roztworem dwu- i trójskładnikowym Pt—Fe lub Pt—Fe—Cu, lub Pt—Cu, jest wyższa niż w przypadku kiedy roztwór zawierał samą platynę. Stopień wykorzystania platyny z roztworu impregnacyjnego w % wagowych podano w tablicy 1.

Przykład I. Katalizator do procesu dopalania zanieczyszczeń i tlenku węgla przygotowywano w następujący sposób:

Do zlewki szklanej wprowadzono 30 ml wodnego roztworu kwasu chloroplatynowego zawierającego 0,020 g platyny, a następnie 20 g aktywnego tlenku glinu w formie kulistych granulek.

Ilość dodawanej platyny była tak dobrana aby jej końcowa zawartość w gotowym katalizatorze wynosiła 0,1% wag., przy założeniu, że wszystkie jony zawierające platynę zostaną zaadsorbowane przez nośnik. Proces nasycenia prowadzono w temperaturze 20°C przez 2 godziny. Następnie nośnik poddano obróbce termicznej w trzech etapach:

1. Suszenie w temperaturze 150°C, w czasie 2 godzin,
2. prażenie w temperaturze 450°C, w czasie 2 godzin,
3. redukcja w spalinach w temperaturze 900°C, w czasie 2 godzin.

Na podstawie analizy stwierdzono, że zawartość platyny w katalizatorze wynosi 0,08% wag., a w roztworze poimpregnacyjnym 0,0034 g. Obliczony stopień wykorzystania platyny wynosił 90%. Do oznaczenia użyto spektrofotometru absorpcji atomowej Perkina-Elmera, model 400. Skuteczność otrzymanego katalizatora sprawdzono w procesie dopalania niektórych związków organicznych, takich jak: etylen, metanol, aceton, benzen oraz tlenek węgla, stanowiących dodatek do powietrza. Ich zawartość w powietrzu wynosiła ok. 0,2% objętościowych.

Jako kryterium porównawcze skuteczności dopalania poszczególnych katalizatorów przyjęto temperaturę, przy której zachodził 90% konwersji. Badanie prowadzono w laboratoryjnym szklanym re-

aktorze, w którym umieszczono 5 g badanego katalizatora. Powietrze z sieci, poprzez rotometr, przechodziło przez płuczkę szklaną, w której znajdował się jeden z wyżej wymienionych związków organicznych. Przy próbie dopalania tlenku węgla mieszaninę reakcyjną przygotowywano przez zmieszanie w odpowiednim stosunku powietrza z tlenkiem węgla z butli. Odpowiednio spreparowaną mieszaninę gazową kierowano do reaktora, który stanowił rurę szklaną, ogrzewaną elektrycznie. Gabaryty reaktora były następujące:

— wysokość 600 mm

— średnica wewnętrzna ϕ 20 mm.

Górna część reaktora spełniała rolę podgrzewacza, mieszaniny reakcyjnej, natomiast w dolnej, reakcyjnej części znajdował się katalizator. Temperaturę procesu mierzono przy pomocy dwóch termopar, z których pierwsza znajdowała się 5 mm przed złożem katalizatora i wskazywała temperaturę mieszaniny reakcyjnej, wchodzącej na katalizator, natomiast druga była umieszczona w środku złoża katalizatora. Mieszanka gazowa była najpierw kierowana do górnej grzewczej części reaktora i po podgrzaniu do odpowiedniej temperatury na katalizatorze zachodziło dopalanie z utworzeniem dwutlenku węgla w przypadku obecności w dopalającym gazie tlenku węgla oraz dwutlenku węgla i wody w przypadku pozostałych związków organicznych. Ilość mieszaniny gazowej podawanej do reaktora wynosiła 50 l/h. Oznaczone temperatury 90% przereagowania etylenu, metanolu, acetonu, benzenu były następujące:

— etylen — 206°C, metanol — 210°C, aceton — 240°C, benzen — 300°C, tlenek węgla — 200°C. Zestawienie wyników ze wszystkich przykładów podano w tablicy 1.

Zawartość etylenu, metanolu, acetonu, benzenu i tlenku węgla w gazie po procesie dopalania oznaczano metodą chromatograficzną.

Przykład II. Do roztworu impregnacyjnego zawierającego 0,020 g platyny oraz 0,004 g miedzi wprowadzono 20 g aktywnego tlenku glinu (γ — Al_2O_3). Ilość platyny i miedzi dobrano tak aby ich zawartość w gotowym katalizatorze, przy założeniu całkowitej adsorpcji na nośniku, wynosiła:

— platyna — 0,1% wag., miedź — 0,02% wag. zawartość rzeczywista tych składników w gotowym katalizatorze, otrzymanym identycznie jak w przykładzie I, była następująca:

platyna — 0,093% wag., miedź — 0,019% wag.

W roztworze poimpregnacyjnym stwierdzono, że zawartość platyny wynosi 0,00164 g a miedzi 0,000017 g. Badanie skuteczności otrzymanego katalizatora w procesie dopalania etylenu, metanolu, acetonu, benzenu i tlenku węgla przeprowadzono na reaktorze opisanym w przykładzie I. Parametry procesu dopalania były takie same jak w przykładzie I. W roztworze poimpregnacyjnym zawartość Pt i Cu była następująca:

platyna — 0,00164 g, miedź — 0,000017 g.

Stopień wykorzystania platyny i miedzi wynosił odpowiednio 88,7% i 99,58%.

Wartości oznaczonych temperatur 90% przereagowania badanych związków były następujące:

dla etylenu — 136°C, dla metanolu — 172°C, dla

acetonu — 227°C, dla benzenu — 262°C, dla tlenku węgla — 180°C.

Przykład III. Do roztworu impregnacyjnego zawierającego 0,020 g platyny i 0,010 g miedzi wprowadzono 20 g tlenku glinu (γ — Al_2O_3). Ilość platyny i miedzi dobrano tak, aby ich zawartość w gotowym katalizatorze, przy założeniu całkowitej adsorpcji metali na nośniku wynosiła:

— platyny — 0,1% wag.

— miedzi — 0,05% wag.

Rzeczywista zawartość tych składników w katalizatorze była następująca:

platyna — 0,097% wag.

miedź — 0,047% wag.

W roztworze poimpregnacyjnym ich zawartość była następująca:

platyna — 0,0004 g, miedź — 0,0004 g.

Stopień wykorzystania platyny i miedzi wynosił odpowiednio: 99,32% i 81,10%.

Badanie skuteczności otrzymanego katalizatora w procesie dopalania etylenu, metanolu, acetonu, benzenu i tlenku węgla przeprowadzono na reaktorze opisanym w przykładzie I. Parametry procesu dopalania były identyczne z parametrami stosowanymi w przykładzie I.

Wartości oznaczonych temperatur 90% przereagowania badanych związków były następujące:

dla etylenu — 125°C, dla metanolu — 166°C, dla

acetonu — 221°C, dla benzenu — 230°C, dla dwu-

tlenku węgla — 160°C.

Przykład IV. Zakładany skład katalizatora Pt — 0,1% wag., Cu — 0,1% wag. Rzeczywisty skład katalizatora: Pt — 0,099%, Cu — 0,0985% zawartość w roztworze impregnacyjnym:

platyna 0,02 g, miedź 0,004 g

zawartość w roztworze poimpregnacyjnym:

platyna — 0,00017 g

miedź — 0,0038 g.

Stopień wykorzystania platyny i miedzi wynosił odpowiednio: 99,32 i 81,10%.

Przykład V. Przewidywana zawartość: Pt — 0,1%, Fe — 0,02% wag.

Rzeczywista zawartość: Pt — 0,092%, Fe — 0,00199% Zawartość Pt i Fe w roztworze:

impregnacyjnym Pt — 0,02 g, Fe — 0,004 g

poimpregnacyjnym Pt — 0,00010 g, Fe — brak.

Stopień wykorzystania platyny i żelaza wynosił odpowiednio 92% i 100%.

Wartość oznaczonych temperatur 90% przereagowania były następujące:

etylen — 157°C, metanol — 190°C, aceton 220°C,

benzen — 260°C, tlenek węgla — 190°C.

Przykład VI. Przewidywana zawartość:

Pt — 0,1%, Fe — 0,05% wag.

Rzeczywista zawartość: Pt — 0,095%, Fe — 0,04% zawartość Pt i Fe w roztworze:

impregnacyjnym Pt — 0,02 g, Fe — 0,01 g

poimpregnacyjnym Pt — 0,0006 g, Fe — 0,0045 g

Stopień wykorzystania platyny i żelaza wynosił odpowiednio 96,9% i 55%

Przykład VII. Zawartość przewidywana: Pt — 0,1% wag., Fe — 0,02% wag.

zawartość rzeczywista: Pt — 0,098%, Fe — 0,019% wagowych.

Zawartość w roztworze:

impregncyjnym Pt — 0,02 g, Fe — 0,004 g
poimpregncyjnym Pt — 0,0007 g, Fe — 0,0075 g.
Stopień wykorzystania platyny i żelaza wynosił
odpowiednio 96,5%, 62,5%.

Wartości oznaczonych temperatur 90% przereago-
wania były następujące:

etylen — 155°C, metanol — 180°C, aceton — 211°C,
benzen — 252°C, tlenek węgla — 183°C.

Przykład VIII. Zawartość Pt — 0,05% wag.
przewidywana, zawartość Pt — 0,043% wag. rzeczy-
wista. Zawartość w roztworze:

impregncyjnym Pt — 0,01 g
poimpregncyjnym Pt — 0,002 g

Stopień wykorzystania platyny wynosił 80%.

Wartości oznaczonych temperatur 90% przereago-
wania były następujące:

etylen — 225°C, metanol — 230°C, aceton — 255°C,
benzen — 315°C, tlenek węgla — 220°C.

Przykład IX. Zawartość Pt — 0,05% wag.,
Cu — 0,02% wag. (przewid.), zawartość Pt —
0,043% wag., Cu — 0,019% wag. (rzeczywista)
zawartość w roztworze:

impregncyjnym Pt — 0,01 g, Cu — 0,004 g
poimpregncyjnym Pt — 0,00162 g, Cu — 0,000089 g.
Stopień wykorzystania platyny i miedzi wynosił
odpowiednio 83,80% i 99,78%.

Wartości oznaczonych temperatur 90% przereago-
wania były następujące:

etylen — 158°C, metanol — 200°C, aceton — 230°C,
benzen — 265°C, tlenek węgla — 202°C.

Przykład X. Zawartość Pt — 0,05% wag.
Cu — 0,05% wag. Pt — 0,049% wag., Cu — 0,049%
wag. Zawartość w roztworze:

impregncyjnym Pt — 0,01 g, Cu — 0,01 g
poimpregncyjnym Pt — 0,00022 g, Cu — 0,00031 g.
Stopień wykorzystania platyny i miedzi wynosił:
97,80% i 96,90%.

Wartości oznaczonych temperatur 90% przereago-
wania były następujące:

etylen — 142°C, metanol — 185°C, aceton — 220°C,
benzen — 260°C, dwutlenek węgla — 195°C.

Przykład XI.

0,05% wag. Pt, 0,02% wag. Fe
zaw. rzecz. Pt — 0,045% wag. Fe — 0,0199% wag.

Zawartość w roztworze:

impregncyjnym Pt — 0,01 g, Fe — 0,004 g
poimpregncyjnym Pt — 0,01 g, Fe — brak.

Stopień wykorzystania platyny i żelaza wynosił
92,5% i 100%. Wartości oznaczonych temperatur
90% przereagowania były następujące:

etylen — 197°C, metanol — 195°C, aceton — 228°C,
benzen — 285°C, tlenek węgla — 205°C

Przykład XII.

0,05% wag. Pt, 0,05% wag. Fe
zaw. rzecz. Pt — 0,048% wag. Fe — 0,089%.

Zawartość w roztworze:

impregncyjnym Pt — 0,01 g, Fe — 0,01 g
poimpregncyjnym Pt — 0,00042 g, Fe — 0,00575 g.
Stopień wykorzystania platyny i żelaza wynosił
95,8% i 42,5%.

Wartości oznaczonych temperatur 90% przereago-
wania były następujące:

etylen — 167°C, metanol — 186°C, aceton — 225°C,
benzen — 270°C, tlenek węgla — 200°C

Przykład XIII.

Pt — 0,02%, zaw. rzeczywista — 0,018% wag.

Zawartość w roztworze:

impregncyjnym Pt — 0,004 g
poimpregncyjnym Pt — 0,0001 g

Stopień wykorzystania platyny wynosił 97,5%.

Wartości oznaczonych temperatur 90% przereago-
wania były następujące:

etylen — 271°C, metanol — 250°C, aceton — 270°C,
benzen — 320°C, tlenek węgla — 235°C.

Przykład XIV.

Pt — 0,02%, Cu — 0,02% wag.

Pt — 0,019%, Cu — 0,0190% wag.

Zawartość w roztworze:

impregncyjnym — Pt 0,004 g, Cu — 0,004 g
poimpregncyjnym Pt — brak, Cu — 0,000032 g
Stopień wykorzystania platyny i miedzi wynosił
100%, 99,5%. Wartości oznaczonych temperatur 90%
przereagowania były następujące:

etylen — 204°C, metanol — 227°C, aceton — 235°C,
benzen — 297°C, tlenek węgla — 208°C.

Przykład XV.

0,02% Pt, 0,02% Fe

0,019% Pt, 0,0190% Fe

Zawartość w roztworze:

impregncyjnym Pt — 0,004 g, Fe — 0,004 g
poimpregncyjnym Pt — brak, Fe — brak,
Stopień przereagowania platyny i żelaza wynosił:
100% i 100%.

Wartości oznaczonych temperatur 90% przereago-
wania były następujące:

etylen — 208°C, metanol — 230°C, aceton — 248°C,
benzen — 301°C, tlenek węgla — 214°C.

Przykład XVI. Zawartość Pt — 0,08% wag.,

Cu — 0,03% wag., Fe — 0,03% wag. zawartość
rzeczywista Pt — 0,077%, Cu — 0,025%, Fe — 0,021%
w roztworze:

impregncyjnym — Pt — 0,016 g, Cu — 0,006 g,
Fe — 0,006 g

poimpregncyjnym — Pt — 0,00146 g, Cu —
0,00158 g, Fe — 0,00253 g.

Stopień wykorzystania poszczególnych metali był
następujący: Pt — 90,9%, Cu — 73,5%, Fe — 58%.

Wartości temperatur 90% przereagowania były na-
stępujące:

etylen — 136°C, metanol 170°C, aceton — 220°C,
benzen — 225°C, tlenek węgla — 160°C.

Tabela 1

Lp	zawartość Pt (% wag.)	Zawartość dodatku (% wag.)		Temp. 90% kon- wersji etylenu (°C)	temp. 90% kon- wersji metanolu (°C)	temp. 90% kon- wersji acetonu (°C)	temp. 90% kon- wersji benzenu (°C)	temp. 90% kon- wersji tlenku węglu (°C)	Stopień wyko- rzystania Pt z roztw. (% wag.)
		Cu	Fe						
I	0,071	—	—	206	210	240	300	200	90
II	0,075	0,01	—	138	172	227	262	180	93
III	0,078	0,05	—	125	166	221	230	160	97
IV	0,079	0,08	—	122	160	215	222	155	99
V	0,075	—	0,01	157	190	220	260	190	92
VI	0,077	—	0,05	155	180	210	250	181	95
VII	0,078	—	0,08	155	180	211	252	183	98
VIII	0,043	—	—	225	230	255	315	220	86
IX	0,043	0,01	—	158	200	230	265	202	86
X	0,049	0,05	—	142	185	225	260	195	98
XI	0,045	—	0,019	197	195	228	285	205	90
XII	0,048	—	0,05	167	186	225	270	200	96
XIII	0,018	—	—	271	250	270	320	235	90
XIV	0,019	0,01	—	204	227	235	297	208	95
XV	0,019	—	0,01	208	230	248	301	214	95
XVI	0,077	0,025	0,021	136	170	220	225	160	96

Zastrzeżenie patentowe

Sposób oczyszczania gazów spalinowych i gazów odlotowych od toksycznych zanieczyszczeń organicznych i tlenku węgla przez ich dopalanie do dwutlenku węgla i wody na katalizatorze nośnikowym, zawierającym metal szlachetny i dodatek metali

30

nieszlachetnych, **znamienny tym**, że proces dopalania prowadzi się na katalizatorze, zawierającym 0,01 do 0,1% wagowych platyny oraz dodatek miedzi i/lub żelaza, przy czym stosunek wagowy platyny do metalu nieszlachetnego, osadzonych na nośniku nieorganicznym typu γ — Al_2O_3 , wynosi 5—1:1.

35